

INVIERNO
PRIMAVERA 2013 2017

NETA WORLD™

www.netaworld.org



CUÁN IMPORTANTE ES

MANTENIMIENTO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS?

REGISTRO
ABIERTO
AHORA

2018
POWERTEST
CONFERENCE

DESMAGNETIZACIÓN DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA

POR RAKA LEVI, DV-Power Suecia

Eliminando la magnetización residual o desmagnetizar el núcleo de hierro de un transformador de potencia es una tarea que se ha realizado de diversas maneras con distintos índices de éxito durante décadas. En este artículo se analizan varios problemas con los procedimientos manuales y automáticos, incluida la seguridad. Hoy, instrumentos modernos realizan esta tarea de forma automática y con éxito.

Desconectar un transformador de potencia de la red suele dejar el núcleo magnético algo magnetizado. Esto se debe a que la corriente y la tensión casi nunca están en fase, y al interrumpir la corriente en el cruce por cero se mantiene el voltaje/flujo en un valor arbitrario. Realizar diversas pruebas de diagnóstico, siendo la resistencia de las bobinas la peor, hace que el núcleo quede aún más magnetizado.

Por el contrario, un núcleo magnetizado de un transformador de potencia provoca una alta corriente de inrush al energizarse, y algunas pruebas de diagnóstico en corriente alterna se ven influenciadas por la magnetización residual. Dos de ellas merecen mencionarse: el análisis de respuesta en frecuencia (FRA) y la prueba de corriente de excitación muestran resultados incorrectos en caso de un núcleo magnetizado.

La tarea de eliminar la magnetización residual se ha realizado durante décadas. Un enfoque rudimentario era usar una batería de automóvil y aplicar la polaridad de la corriente alternando mediante el cambio de cables conectados a las borneras del transformador. Incluso IEEE Std. 62-1995, Sección 6.1.3.5, sugiere alternar la polaridad de un voltaje de DC fijo con un tiempo de aplicación decreciente por cada alternancia de polaridad. Los instrumentos de corriente continua modernos, especialmente los destinados a la medición de resistencia de las bobinas, realizan esta tarea automáticamente.

MAGNETIZACIÓN

Cargar un núcleo magnético de transformador usando corriente continua requiere una cierta cantidad de voltaje-segundo.

Cuánto depende de la clasificación de voltaje del transformador y del voltaje de la fuente de CC utilizada para cargarlo. Por ejemplo, un transformador de 400 kV diseñado para 60 Hz requerirá aproximadamente 1.500 voltosegundos para alcanzar el flujo de saturación. Usar una fuente de 60 V lo reducirá a 25 segundos. Podría tomar 250 segundos usando una fuente de 6 V. Este proceso es exponencial y empieza lentamente para ganar la velocidad máxima al final del proceso. Esta información será útil más tarde cuando discutamos la desventaja de la desmagnetización manual.

DESMAGNETIZACIÓN

El magnetismo residual en los materiales magnéticos se disipa naturalmente a través del proceso de desmagnetización térmica durante un periodo muy largo o a temperaturas muy altas (del orden de 550 grados C para la magnetita o la hematita). Esto no es práctico para sistemas de energía eléctrica; por lo tanto, se realiza una desmagnetización artificial para transformadores de potencia.

Examinemos cuatro métodos para la eliminación del magnetismo remanente de los transformadores de potencia:

1. Fuente de voltaje variable y frecuencia constante (VVCFS)
2. Fuente de voltaje constante y frecuencia variable (CVVFS)
3. Voltaje de Polaridad Alternante Constante (cc) con Tiempo Decreciente (CAVDT)
4. Disminución de la amplitud de una corriente continua de polaridad alternante (DAAPC)

Voltaje Variable Constante Fuente de Frecuencia

Realizado en la fábrica, VVCFS es el mejor método, pero requiere una fuente de energía muy grande. Impráctico para operación en campo, VVCFS requiere una fuente de frecuencia industrial (50 o 60 Hz) lo suficientemente potente para desmagnetizar el núcleo magnético. Otro requisito es la capacidad de controlar y reducir lentamente este voltaje. Al reducir el voltaje y la corriente desde la nominal a cero, el núcleo se desmagnetiza. Esto es imposible de hacer en el campo, incluso en un transformador de potencia de tamaño medio.

Voltaje constante variable Fuente de Frecuencia

Un artículo publicado en IEEE Transactions on Power Delivery, Volumen 30, por investigadores de la Universidad de Nueva York, explica un método simple y rápido para desmagnetizar el núcleo de hierro de un transformador de potencia midiendo y calculando la fuerza coercitiva aplicada en una sola aplicación. Esto es una variación de CVVFS. El experimento en esa publicación muestra resultados para unidades de una fase y de tres fases. El método ha sido verificado en conexiones Y-Y para transformadores de tres y cinco brazos. También requiere un cálculo muy exacto de la corriente y del tiempo necesarios para lograr la fuerza coercitiva requerida, así como una ejecución precisa. Algunos instrumentos comercialmente disponibles ya usan este procedimiento; sin embargo, los resultados reportados desde el campo no siempre son positivos.

Voltaje de Polaridad Alternante Constante (cc) con Tiempo Decreciente

IEEE Std. 62-1995 (Sección 6.1.3.5) indica alternar la polaridad de un voltaje fijo con un tiempo de aplicación decreciente por cada alternación de polaridad. Este es el método CAVDT. Con cada alternación, el voltaje se aplica hasta que el flujo de corriente se haya invertido y sea ligeramente menor en magnitud absoluta que la corriente de la aplicación anterior. La explicación es clara tras nuestra explicación de los volt-segundos requeridos: con un tiempo decreciente, se debería obtener una magnitud de corriente/flujo ligeramente menor. Sin embargo, esto es más fácil decirlo que hacerlo, y este es uno de los grandes inconvenientes de la desmagnetización manual.

Una vez que la corriente alcanza el punto de rodilla de la curva de saturación con un voltaje fijo aplicado, cambia demasiado rápido para un control manual preciso. La experiencia ha mostrado que un procedimiento inapropiado a menudo provocó que otras piernas del núcleo se magnetizaran mientras se desmagnetizaba una. Por lo tanto, no se pudo reportar una desmagnetización exitosa en la mayoría de los casos.

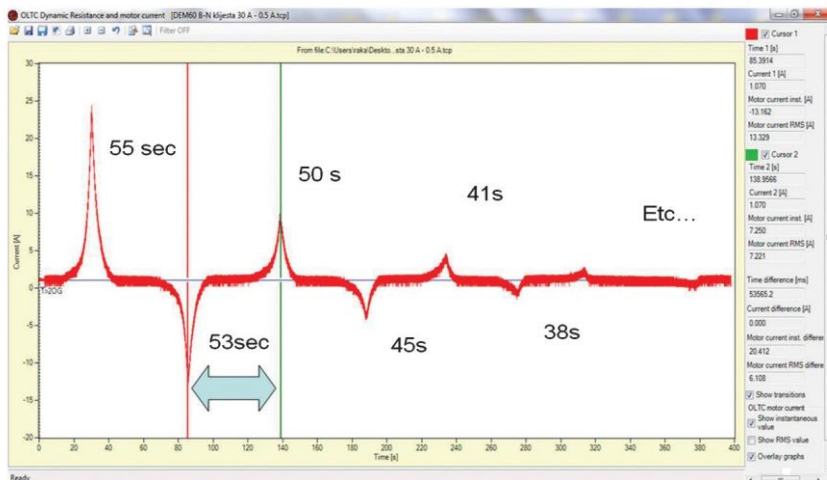


Figura 1: Proceso de desmagnetización y temporización de cada secuencia

Figura 1 muestra la secuencia temporal adecuada para disminuir la magnitud de la corriente después de que la primera secuencia alcance la amplitud de 25 A en: 55, 53, 50, 45, 41, 38... segundos — sin mencionar que a niveles de corriente más bajos, podrías estar hablando de fracciones de segundo. Si el tiempo no es correcto, la corriente volverá a alcanzar el valor anterior y así cancelará la efectividad del proceso.

Disminución de la Amplitud de una Corriente DC de Polaridad Alterna

Con el método DAAPC, instrumentos de prueba de alta potencia DC controlados electrónicamente modernos pueden controlar la amplitud de la corriente aplicada con gran precisión, y pueden programarse para realizar inversión de polaridad y desmagnetización automática del núcleo magnético del transformador de potencia. Como se muestra en la Figura 1, la corriente se interrumpe en un valor preseleccionado; tras un proceso de descarga, se aplica la corriente de polaridad opuesta. En este paso posterior, la amplitud a la que se interrumpe el suministro es un 40 por ciento más baja que en el ciclo anterior. El proceso se repite hasta la amplitud de corriente prácticamente controlable más baja. Se obtuvo una desmagnetización exitosa en transformadores de potencia de varios tamaños, hasta 1,100 MVA, en ambas configuraciones —estrella o delta.

SEGURIDAD

Cuando se aplica una corriente continua a un devanado de un transformador de potencia, la energía se almacena en el núcleo magnético.

Esta energía es igual al producto de la inductancia y el cuadrado de la corriente y debe descargarse de forma segura. La desmagnetización manual utilizando una batería de automóvil y cables de cruce para producir un efecto alterno es peligrosa. Toda la energía almacenada se disipa a través del arco, que puede alcanzar hasta varios pies de longitud cuando el cable se desconecta; no es necesario mencionar los posibles peligros del arco, calor, descarga, etc. Los instrumentos de resistencia de devanado están equipados con circuitos de descarga que descargan esta energía de manera gradual y segura después de las pruebas de resistencia de devanado, así como del procedimiento de desmagnetización.

CONCLUSIÓN

Existen varios métodos para la desmagnetización del núcleo. Teóricamente, todos producirán buenos resultados de desmagnetización si se realizan con precisión y correcto. Sin embargo, esto no siempre es posible o práctico y puede presentar situaciones peligrosas. Los instrumentos de resistencia de devanado o instrumentos desmagnetizantes ofrecen este procedimiento de forma automática y segura.

REFERENCIA

de Leon, F.; Farazmand, A.; Jazebi, S.; Deswal, D.; Levi, R. "Eliminación de Flux Residual en Transformadores por la Aplicación de una Fuente de Voltaje DC de Polaridad Alterna," IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 30, Issue 4, 2015, Page(s): 1727–1734



Raka Levi, PhD, es un Experto en Aplicación en DV-Power Sweden y convocante de la asociación AMforum. Tiene más de 30 años de experiencia en rendimiento y evaluación de activos, especializado en pruebas de aparatos, monitoreo y

diagnósticos. Hace siete años, inició un grupo de trabajo sobre la metodología de pruebas DRM para los cambiadores de derivación dentro de la organización AMforum. Durante 20 años, ha liderado comités que congregan a gestores de activos, organizando conferencias de AMforum en Europa, universidades LTC en Estados Unidos y colegios LTC en Asia. Su formación incluye un doctorado en HV diagnostics para interruptores automáticos de alta tensión de la Universidad de Belgrado y una Maestría en Ingeniería de Potencia Eléctrica de Rensselaer Polytechnic Institute.